

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-351854

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 1/16

G03F 7/20

G03F 7/207

(21)Application number : 2000-319842

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 19.10.2000

(72)Inventor : SUZUKI KAZUAKI
USHIJIMA MIKIO

(30)Priority

Priority number : 11297510
2000104626

Priority date : 19.10.1999
06.04.2000

Priority country : JP

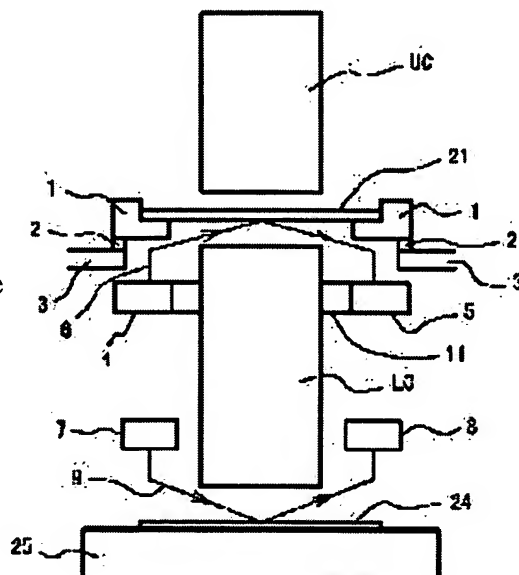
JP

**(54) PATTERN TRANSFER TYPE CHARGED PARTICLE BEAM EXPOSURE DEVICE,
EXPOSING METHOD OF PATTERN TRANSFER TYPE CHARGED PARTICLE BEAM,
AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device capable of resolving problems of a reticle with a thickness of a few micron, by considering its height position, which is used in an aligner applying charged particle beam, easily bent, affected by vibration, and unstable in height position on a reticle projection system to cause unexpected error in focus, rotation, and magnification of imaging.

SOLUTION: A mechanism for measuring height position of the reticle is provided. Infrared beam is entered onto the reticle in a diagonal incidence angle and side disparity of the reflected beam on the sensor is measured. This makes it possible to simply detect the focus. A plurality of beams for detection make it possible to accurately acquire not only the height position but also the tilt of the reticle to accurately exposure the reticle with the feedback to the exposure system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-351854

(P2001-351854A)

(43)公開日 平成13年12月21日(2001. 12. 21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-リ-ト(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 1/16	B 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/16		7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
7/20	5 0 4	7/207	5 F 0 5 6
7/207		H 0 1 L 21/30	5 4 1 S
			5 4 1 F
審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 22 頁)			

(21)出願番号 特願2000-319842(P2000-319842)

(22)出願日 平成12年10月19日(2000. 10. 19)

(31)優先権主張番号 特願平11-297510

(32)優先日 平成11年10月19日(1999. 10. 19)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願2000-104626(P2000-104626)

(32)優先日 平成12年4月6日(2000. 4. 6)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 鈴木 一明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72)発明者 牛島 幹雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H095 BA10 BB02

2H097 AA03 AB09 CA16 GB01 LA10

5F056 AA22 AA27 AA29 BA10 BB10

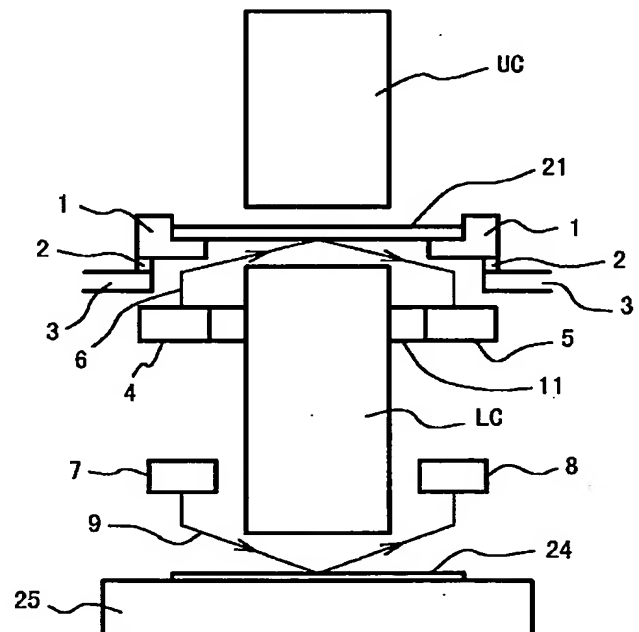
CB22 CB40 EA14 FA05 FA07

(54)【発明の名称】 パターン転写型荷電粒子線露光装置、パターン転写型荷電粒子線露光方法及び半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【解決課題】 荷電粒子線を用いた露光装置に使用されるレチクルは厚さが高々数ミクロンであり、撓みやすく、また振動の影響も受けやすい。このことはレチクルの投影系に対する高さ位置が不安定になり、結像のピント、回転、倍率に思わぬ誤差を生じる。そこで、このようなレチクルの高さ位置を考慮した露光が必要になる。

【解決手段】 レチクルの高さ位置を計測する機構を設ける。機構としては、赤外線を斜入射でレチクルに入射し、反射してきた光のセンサ上での横ズレを測定する機構である。これによって、容易にフォーカスを検出できる。なお、検出ビームを複数にすることによって、レチクルの高さ位置のみならず、傾きが精度良く求められ、露光系にフィードバックすることにより高精度な露光が可能になる。



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 メンブレインにパターン開口をあけることによりパターンが形成されたステンシル・タイプの原板（以下、ステンシル・レチクルと呼ぶ）上の、またはメンブレイン上に荷電粒子散乱体によりパターンが形成された散乱タイプの原板（以下、散乱メンブレイン・レチクルと呼ぶ）上のパターンを感光基板上に投影露光するパターン転写型荷電粒子線露光装置において、投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出するためのフォーカス検出機構を設けたことを特徴とする転写型荷電粒子線露光装置。

【請求項2】 前記フォーカス検出機構は、原板（単にレチクルともいう）に照射するフォーカス検出ビームと該フォーカス検出ビームのレチクルからの反射光を検出・解析する高さ検出系とを有し、フォーカス検出ビームはレチクル面に対して斜入射の光ビームであり、レチクル上に配置されたメンブレインのサポート部に前記フォーカス検出ビームが照射された時に高さ検出系はフォーカス検出信号を出力することを特徴とする請求項1記載の転写型荷電粒子線露光装置。

【請求項3】 請求項2記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記斜入射光ビームを有するフォーカス検出機構の高さ検出系はセンサ上でのビームの横ズレを計測するセンサを有することを特徴とする転写型荷電粒子線露光装置。

【請求項4】 請求項3記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、横ズレを計測するセンサが、2分割センサ、4分割センサ、1次元リニアセンサ、2次元イメージセンサ、PSD（POINT SENSITIVE DETECTOR）のうちのいずれかであることを特徴とする転写型荷電粒子線露光装置。

【請求項5】 請求項2乃至4のいずれかに記載された転写型荷電粒子線露光装置であって、レチクルを保持して移動させるレチクルステージと感光基板を保持して移動させる感光基板ステージを有し、感光基板の露光中にレチクルおよび感光基板のステージは互いに逆方向にスキャンされ、フォーカス検出ビームもマルチビームからなることを特徴とする転写型荷電粒子線露光装置。

【請求項6】 転写型荷電粒子線露光装置に用いられる、投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出するためのフォーカス検出方法であって、斜入射の光をレチクルに照射し、レチクルからの反射光をセンサによって受光し、センサ上のビームの横ズレ量より投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出することを特徴とするフォーカス検出方法。

【請求項7】 請求項5に記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記マルチビームが前記原板を照射する高さ検出位置は、前記サポート部上においてレチクルステージのスキャン方向に対して垂直な方向に等間隔となされていることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項8】 請求項7に記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記等間隔の間隔がスキャン方向に伸びるストラットの間隔の整数倍となることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項9】 請求項7又は8に記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記高さ検出位置の集合体の中央が荷電粒子線の偏向照明可能領域の中央付近になされていることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項10】 請求項7乃至9のいずれかに記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記高さ検出位置は、偏向照明可能領域の両端を含むことを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項11】 請求項5に記載された転写型荷電粒子線露光装置であって、前記マルチビームが前記原板を照射する高さ検出位置は、前記レチクルステージのスキャン方向に等間隔となる前記サポート部上の位置を含むことを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項12】 請求項11に記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記等間隔の間隔がスキャン方向に対して垂直な方向に伸びるストラットの間隔の整数倍となることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項13】 請求項11に記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記等間隔の間隔がスキャン方向に対して垂直な方向に伸びるストラットの間隔の半分の整数倍となることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項14】 請求項7乃至13のいずれかに記載の転写型荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は前記高さ検出位置の高さに基づいて、前記高さ検出位置の間の補間位置の高さを求める補間手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項15】 請求項14に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記補間手段は、前記スキャン方向に対して垂直な方向に並ぶ前記補間位置の高さを求めることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項16】 請求項15に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記補間位置は、サブフィールドの近傍に、少なくとも1つが対応する位置であることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項17】 請求項7乃至16のいずれかに記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は、前記高さ検出位置の高さに基づいて、前記サブフィールドの高さを求めるサブフィールド決定手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項18】 請求項17に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は、前記サブフィールド決定手段が求める前記サブフィールドの高さに基づいて、前記スキャン方向に対して垂直な方向に並ぶ前記サブフィールドの高さを予測する予測手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項19】 請求項5に記載の荷電粒子線露光装置で

あって、前記高さ検出系は、フォーカス検出しようとする位置の近傍からの前記反射光の到達する主受光位置に設けられる主受光手段を備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 20】請求項 19 に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記高さ検出系は、フォーカス検出しようとする位置から離れる位置からの前記検出反射光を受光する複数の副受光位置に設けられる複数の副受光手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 21】請求項 20 に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記副受光手段は、レチクルステージのスキヤン方向に離れる位置からの、前記反射光を受光することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 22】請求項 20 に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は、前記ステージが移動する移動方向を検出する方向検出手段を、更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 23】請求項 20 乃至 22 のいずれにか記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は、ステージのスキヤン時の移動方向に基づいて、前記複数の副受光手段の一部を選択する選択手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 24】請求項 2 に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構が前記基板の高さ位置を検出可能な検出有効位置に前記ステージが位置する場合に、前記ステージが前記検出有効位置にあることを表す有効信号を出力する有効位置検出手段を更に備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 25】請求項 24 に記載の荷電粒子線露光装置であって、前記フォーカス検出機構は、前記有効信号に基づいて、前記基板の高さ位置を検出することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 26】請求項 24 の荷電粒子線露光装置であって、前記検出有効位置は、前記フォーカス検出ビームが前記サポート部を照射する場合の前記ステージ位置であることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 27】パターンが分割して設けられる複数のサブフィールドと、前記複数のサブフィールドの間に設けられた少なくとも 1 方向に直線状に伸びる形状のサポート部とを有する基板を移動可能なステージに保持し、前記ステージが位置するステージ位置を検出し、前記基板が位置する基板の高さ位置を請求項 6 記載のフォーカス検出方法により検出し、検出された前記基板の高さ位置に基づいて、基板の高さの補正及び／又は基板を投影する荷電粒子線光学系の補正を行うことを特徴とする荷電粒子線露光方法。

【請求項 28】請求項 1 から 5、請求項 7 から 26 の何れかに記載の荷電粒子線露光装置を用いて、基板に設けられるパターンを、感光基板上に投影する投影工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 29】請求項 27 に記載の露光方法を用いて、基板に設けられるパターンを、感光基板上に投影する投影工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 30】請求項 5 に記載された荷電粒子線露光装置であって、ステージのスキヤン移動方向とフォーカス検出ビームのレチクルへの入射方向が垂直であることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路等の製造におけるリソグラフィ工程に使用する荷電粒子線投影露光装置等に関する。特に、レチクル上のパターンを感光基板（ウエハ）上に投影露光するパターン転写型荷電粒子線露光装置及び該装置に使用される、レチクルのフォーカス検出方法、更には該装置を用いた半導体素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、パターン転写型荷電粒子線露光装置においては、転写したいパターンのうち、繰り返し性の高いパターンについて数十種類は予め基板（レチクル）に開口を設けることで用意し、その他のパターンについては、基板（レチクル）上の矩形開口への、矩形に成形された荷電粒子線の照射を偏向することにより、大きさと縦横比が任意の矩形の荷電粒子線ビームを得る方式（可変成形）を併用することにより、描画していた。

（所謂、セル・プロジェクション方式、またはキャラクタ・プロジェクション方式。例えば、P.Rai-Choudhury Editor: Micro-lithography, Micromachining and Microfabrication, Volume 1: MICROLITHO-GRAPHY, SPIE Optical Engineering Press (The Institution of Electrical Engineers), 1997; page 184, 2.5.6 参照)

しかしながら、このような従来技術では 1 回の照射（1 ショット）によるパターン領域が $\square 5 \mu\text{m}$ 程度であり、世代毎にチップサイズが大きくなる半導体素子を満足出来るスループットをもって露光することは困難であった。そこで、ウエハ上に転写したいパターンと 1:1 に対応したパターンをレチクル上に用意し、1 回の照射にて転写できる領域（サブフィールド）が、チップ全体をカバーする事は出来ないが、従来法とは比較にならない程大きい荷電粒子投影光学系を用いてウエハ上に転写するパターン転写型荷電粒子線露光装置が開発されている。

【0003】この転写型露光装置に於いては、チップのパターン全体を露光するためにレチクルとウエハを互いに逆方向にスキヤンさせながら露光する技術が用いられ、また、解像度の向上と空間電荷効果の低減の観点より、高加速された荷電粒子線が用いられている。高加速荷電粒子線は、しかしながら一方でレチクルでの吸収→発熱→レチクルの変形→転写パターンの変形といった問題を含んでいた。従って、現在では、この問題を避ける

ためにレチクルでは真の吸収が生ぜず、散乱角の違いによって散乱アパーチャでの荷電粒子の遮断の程度が異なり、これによってコントラストが生じる散乱コントラスト法が採られている。このような方法に適したレチクルには、荷電粒子を大きく散乱するメンブレイン（散乱部）にパターン開口をあけることによりパターンが形成された散乱ステンシル・レチクル、または荷電粒子を殆ど散乱しないメンブレイン上に荷電粒子散乱体（散乱部）によりパターンが形成された散乱メンブレイン・レチクルがある。また、メンブレインに強度をもたせるために、マイナー・ストラット又は単にストラットと呼ばれる枠構造を持つものもある。（詳細については後述する。）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような方法によって実際に転写露光を行ってみるとパターン像のピントズレや像の倍率、像の回転が所定の値からズレてしまうという現象があった。また、このズレは繰り返しの露光実験の度に異なった値を取ることもあった。そのために、実際の半導体素子の製造工程に於いて歩留まりが低下し、製造コストの上昇の因となっていた。このような問題に対して、本願発明者はレチクルと投影光学系の位置関係を正確に補正できる方法の特許US P5,796,467において提案している。この方法は、レチクルとウエハを互いに逆方向に走査させることにより露光を行う走査型投影光露光装置において、露光結果から得られる最適像面変化を、レチクルと投影光学系の位置関係の変化としてメモリに記憶しておき、実際の露光の際に、走査方向の座標に応じて補正しながら露光を行うものである。しかし、この方法を実際に適用してみたが、結果は満足のいくものではなかった。

【0005】本発明は上記のような従来技術の問題点を解消し、パターン像のピント（焦点）ズレがなく、像の倍率、回転等の結像性能が所定の値に常に保たれる転写型荷電粒子線露光装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために本発明では以下の手段を用いている。第1の手段は、メンブレインにパターン開口をあけることによりパターンが形成されたステンシル・レチクル上の、またはメンブレイン上に荷電粒子散乱体によりパターンが形成された散乱メンブレイン・レチクル上のパターンを感光基板上に投影露光するパターン転写型荷電粒子線露光装置において、投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出するためのフォーカス検出機構を設けることとした。投影系に対するマスクの位置の補正値を予め求めておいて露光を行う装置に比して本発明を用いることにより、格段に高精度な露光が、再現性良く行える転写型荷電粒子線露光装置が得られる。

【0007】第2の手段は、第1の手段を実施する際に、フォーカス検出機構が基板（レチクル）に照射するフォーカス検出ビームと該フォーカス検出ビームのレチクルからの反射光を検出・解析する高さ検出系とを有するようにし、フォーカス検出ビームはレチクル面に対して斜入射の光ビームであり、レチクル上に配置されたメンブレインのサポート部に前記フォーカス検出ビームが照射された時に高さ検出系がフォーカス検出信号を出力するようにした。この手段を用いることによって、簡単な構成のフォーカス検出機構を構成できる。また、メンブレインのサポート部（以後、マイナー・ストラットという）にフォーカス検出ビームが照射された時に同期して信号を得ることにより間違ってもステンシルの開口部からの反射信号を拾うことが無く、正確なフォーカス信号を得る転写型荷電粒子線露光装置が得られる。

【0008】第3の手段は、第2の手段を実施する場合に、斜入射光ビームを有するフォーカス検出機構の高さ検出系はセンサ上でのビームの横ズレを計測するセンサであるようにした。レチクルの高さが変化するとフォーカス検出ビームの反射光が横ズレを起こす。このズレを精度良く測定するセンサを用いることにより簡単に高精度なフォーカス検出機構を有する転写型荷電粒子線露光装置が得られる。

【0009】第4の手段は、第3の手段を実施する場合に、横ズレを計測するセンサとして、2分割センサ、4分割センサ、1次元リニアセンサ、2次元イメージセンサ、PSD（POINT SENSITIVE DETECTOR）のうちのいずれかであるようにした。この様なセンサは高速動作が可能であり、一般的に安価で入手が容易であり、精度的にも見合ったものが得られる。（例えば、浜松ホトニクス製の2分割素子S6241やS3367、4分割素子S6242やS4602のタイプで必要な検出精度を有するものである。）

第5の手段は、第2の手段を行う際に、レチクルを保持して移動させるレチクルステージと感光基板を保持して移動させる感光基板ステージを配備し、感光基板の露光中、レチクルおよび感光基板のステージは互いに逆方向にスキャンし、フォーカス検出ビームもマルチビームからなるようにした。このことにより、ステージ移動に不要な時間が無い、また、ビームを複数本用いることによりレチクル上の複数の点での測定が可能になり、これによってレチクルの位置高さ及び傾きといった、よりきめ細かなフォーカス検出が可能な転写型荷電粒子線露光装置が得られる。

【0010】第6の手段は、転写型荷電粒子線露光装置に用いられる、投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出するためのフォーカス検出方法として、斜入射の光をレチクルに照射し、レチクルからの反射光を高さ検出系によって受光し、センサ上のビームの横ズレ量より投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出する

ようにした。この方法は至って簡単に実施が可能であり、かつ精度的にも満足のいく結果が得られる方法である。

【0011】第7の手段は、第5の手段を実施する際に、前記マルチビームが前記原板を照射する高さ検出位置は、前記サポート部上においてレチクルステージの機械的スキャン方向に対して垂直な方向に等間隔となされていることとした。これによって、測定点による精度のばらつきが無いフォーカス検出が可能になり、またデータ処理も容易になる。

【0012】第8の手段は、第7の手段を実施する際に、前記等間隔の間隔がスキャン方向に伸びるストラットの間隔の整数倍となることとした。このことにより、ストラットにより規定されるサブフィールドに対応した位置でのフォーカス検出が精度良く、容易に出来るようになる。

【0013】第9の手段は、第7又は第8の手段を実施する際に、前記高さ検出位置の集合体の中央が荷電粒子線の偏向照明可能領域の中央付近になされていることとした。このことによって、荷電粒子線の偏向によって照20明されるレチクル領域のフォーカス検出精度に位置的なばらつきが少なくなり、全体的に高い精度のフォーカス検出が可能になる。

【0014】第10の手段は、第7乃至9のいずれかの手段を実施する際に、高さ検出位置が偏向照明可能領域の両端を含むこととした。このことにより、転写される領域全体にわたって精度良くフォーカス検出がなされることになる。第11の手段は、第5の手段を実施する際に、前記マルチビームが前記原板を照射する高さ検出位置は、前記レチクルステージのスキャン方向に等間隔とな23る前記サポート部上の位置とした。これによって、ステージがスキャンによって移動する際に順次高精度にフォーカス検出が行えることになる。

【0015】第12の手段は、第11の手段を実施する際に、前記等間隔の間隔がスキャン方向に対して垂直な方向に伸びるストラットの間隔の整数倍となることとした。このことにより、ストラットにより規定されるサブフィールドに対応した位置でのフォーカス検出が可能になる。

【0016】第13の手段は、第11の手段を実施する際に、前記等間隔の間隔がスキャン方向に対して垂直な方向に伸びるストラットの間隔の半分の整数倍となることとした。このことにより、ストラットにより規定されるサブフィールドに対応した位置でのフォーカス検出がより高精度に出来るようになる。

【0017】第14の手段は、第7乃至13のいずれかの手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は前記高さ検出位置の高さに基づいて、前記高さ検出位置の間の補間位置の高さを求める補間手段を更に備えることとした。これによって、レチクル上での各位置での高さ情50

報が増加し、レチクルの傾き補正の精度が向上する。また、フォーカス検出に要する時間が短縮される。

【0018】第15の手段は、第14の手段を実施する際に、前記補間手段は、前記スキャン方向に対して垂直な方向に並ぶ前記補間位置の高さを求めることとした。これによって、ステージのスキャンによる移動時のフォーカス検出の精度が向上し、また測定時間も短縮される。

【0019】第16手段は、第15手段を実施する際に、前記補間位置は、サブフィールドの近傍に、少なくとも1つが対応する位置であることとした。これによって、露光すべきサブフィールドのフォーカス検出の精度が高くなる。第17の手段は、第7乃至16のいずれかの手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は、前記高さ検出位置の高さに基づいて、前記サブフィールドの高さを求めるサブフィールド決定手段を更に備えることとした。これによって、サブフィールド面のほぼ中心部の高さ、及び面の凹凸や傾きが決められる。

【0020】第18の手段は、第17の手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は、前記サブフィールド決定手段が求める前記サブフィールドの高さに基づいて、前記スキャン方向に対して垂直な方向に並ぶ前記サブフィールドの高さを予測する予測手段を更に備えることとした。これによって、実際に測定しない点での高さが求まり、より正確な転写像が広範囲に渡って得られる。

【0021】第19の手段は、第5の手段を実施する際に、前記高さ検出系は、フォーカス検出しようとする位置の近傍からの前記反射光の到達する主受光位置に設けられる主受光手段を備えることとした。これによって、フォーカスビームの照射位置に応じた信号を検出出来るようになる。

【0022】第20の手段は、第19の手段を実施する際に、前記高さ検出系は、フォーカス検出しようとする位置から離れる位置からの前記検出反射光を受光する複数の副受光位置に設けられる複数の副受光手段を更に備えることとした。これによって、フォーカスビームの照射位置に応じた信号を検出出来るようになる。

【0023】第21の手段は、第20の手段を実施する際に、前記副受光手段は、レチクルステージのスキャン方向に離れる位置からの、前記反射光を受光することとした。これによって、フォーカスビームの照射位置に応じた信号を検出出来るようになる。

【0024】第22の手段は、第20の手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は、前記ステージがスキャンにより移動する移動方向を検出する方向検出手段を、更に備えることとした。これによって、副受光手段からの信号をステージのスキャン方向にあわせて適正に利用できるようになる。

【0025】第23の手段は、第20乃至22のいずれ

かの手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は、ステージのスキャン時の移動方向に基づいて、前記複数の副受光手段の一部を選択する選択手段を、更に備えることとした。これにより、副受光手段からの信号をステージのスキャン方向にあわせて適正に利用できるようになる。

【0026】第24の手段は、第2の手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構が前記基板の高さ位置を検出可能な検出有効位置に、前記ステージが位置する場合に、前記ステージが前記検出有効位置にあることを表す有効信号を出力する、有効位置検出手段を更に備えることとした。これによって、フォーカス検出のための信号を正確に得ることができる。

【0027】第25の手段は、第24の手段を実施する際に、前記フォーカス検出機構は、前記有効信号に基づいて、前記基板の高さ位置を検出することとした。これによって、フォーカス検出のための信号を正確に得ることができる。第26の手段は、第24の手段を実施する際に、前記検出有効位置は、前記フォーカス検出ビームが前記サポート部を照射する場合の前記ステージ位置であることとした。これによって、フォーカス検出のための信号を正確に得ることができる。

【0028】第27の手段は、荷電粒子線露光方法において、パターンが分割して設けられる複数のサブフィールドと前記複数のサブフィールドの間に設けられた少なくとも1方向に直線状に伸びる形状のサポート部とを有する基板を移動可能なステージに保持し、前記ステージが位置するステージ位置を検出し、前記基板が位置する基板の高さ位置を請求項6記載のフォーカス検出方法により検出し、検出された前記基板の高さ位置に基づいて、基板の高さの補正及び／又は基板を投影する荷電粒子線光学系の補正を行うこととした。これによって、ピントが正確にあった転写像が得られ、半導体素子の製造の歩留まりを向上させることが出来る。

【0029】第28の手段は、第1の手段から第5の手段、第7の手段から第26の手段の何れかに記載の荷電粒子線露光装置を用いて、基板に設けられるパターンを、感光基板上に投影する投影工程を含む露光方法とした。これによって、ピントが正確にあった転写像が得られ、半導体素子の製造の歩留まりを向上させることが出来る。

【0030】第29の手段は、第27の手段を用いて、基板に設けられるパターンを、感光基板上に投影する投影工程を含むデバイス製造方法とした。これによって、ピントが正確にあった転写像が得られ、半導体素子の製造の歩留まりを向上させることが出来る。

【0031】第30の手段は、第5の手段を実施する際に、ステージのスキャン移動方向とフォーカス検出ビームのレチクルへの入射方向が垂直であることとした。このことにより、レチクル上のメンブレンサポート部への

フォーカス検出ビームをより多く安定的に照射でき、レチクルの高さ測定の精度が向上する。

【0032】

【発明の実施の形態】 先ず、本発明の技術的思想の骨格を説明する。本発明は、前述したようなメンブレインを用いたレチクルでは、メンブレインの重力による撓みが従来のレチクルより大きいこと、レチクル上の所望のパターンを荷電粒子線の照明・投影光学系の視野内に移動するためのレチクル・ステージの動きによりレチクルの光軸方向の振動が誘起されること、特に、このようなパターン転写型荷電粒子線露光装置においては、レチクルの大きさをそれほど巨大にしないために投影倍率が1/数程度に抑えられ、そのためにレチクルの光軸方向の位置変化がウエハ上での結像性能に与える影響が無視できないこと等の問題点を見だし、更には、これらの問題点が露光前に予め測定した補正值によっては補正しきれず、露光工程中にレチクルの位置変化を補正する以外には手だてが無いことを見出したことに基づいている。従来のセルブプロジェクト方式では、レチクルは数十 μm 程度の厚みをもつ金属に開口があいている、荷電粒子線を吸収するタイプのステンシル型レチクルであり、機械的剛性が比較的高い、ウエハ上への投影倍率が1/数十でありレチクルの光軸方向の変形がウエハ上での結像性能に与える影響が無視できる、等の理由により、レチクルのフォーカス検出手段は必要とせず、従って、本発明は従来技術からは予想もたつかない現象に端を発していると言える。

【0033】 以下に、本願発明の具体的な説明を行う。まず第2図を用いて、本発明を適用するのに好適なパターン転写型荷電粒子線露光装置の動作例について、電子線を例にとって説明する。第2図において、レチクル21は2次元に移動可能なレチクルステージ1上に載置されている。また、投影レンズ23を挟んで下には感光基板であるウエハ24がやはり2次元に移動可能なウエハステージ25上に載置されている。照明系12内で正方形に成形された電子ビーム26はレチクルに垂直に入射する。1回の照射にて転写可能な領域をサブフィールドと呼び、レチクル上では $\square 1\text{mm}$ である。レチクルの散乱部にて散乱された電子（図3中の破線で示された32）は、投影レンズの中の散乱アパーチャ（図3中の31）にてカットされてウエハ上に届かない。一方、レチクルの透過部を通過した電子（図3中の実線で示された33）はウエハ24上に達し、ウエハ上に塗布されたレジストを感光させる。投影レンズの倍率が $\times 1/4$ の場合には、ウエハ24上のサブフィールドの大きさは $\square 250\mu\text{m}$ となる。さて、レチクルを照明する電子ビームは照明系12内の偏向器27によって図中の左右方向に移動可能である。第2図中レチクルの左下に示したように、または第4図に示したように、レチクル21はマイナー・ストラット41と呼ばれる枠構造を持ち、電子ビーム26

はこのマイナー・ストラット41には照射しないようブランキングをかけられながら、マイナー・ストラット41で囲まれたメンブレン領域44に照射される。サブフィールド43はメンブレン領域44内にあり、サブフィールド43とマイナー・ストラット41の間の領域をスカート42と呼ぶ。スカート42は照明電子ビーム26の形状誤差やブランキングのタイミング誤差が露光に影響しないようにするために存在する。照明電子ビーム26は制御可能な範囲(偏向照明可能領域ともいう)にて左右に偏向されながら順次レチクル上のサブフィールドを照明し、パターン化された電子線を投影レンズ23がウエハ上に転写してゆく。この時、投影レンズ23内の偏向器を用いて、ウエハ上の転写位置を微調し、マイナー・ストラット41とスカート42の分は詰めて、レチクル上の隣り合うサブフィールドはウエハ上で継がれて露光される。この動きを偏向制御の方向に垂直な前後方向のステージ動作と組み合わせると、複数のサブフィールドをウエハ上にて2次元的に継いで露光できることになる。さて、レチクルの大きさからの制限あるいはステージ移動量の制限から、ステージ移動の方向に露光できるサブフィールドがすべて露光されると、レチクルステージは露光中の移動方向とは垂直方向に動き(ウエハステージはその逆方向に動き)、次の一連の露光を始める。

【0034】第5図にはレチクルの一例を示した。レチクル21は直径200mmウエハから形成され、取り扱い易さ、搬送精度向上、異なる露光装置に載置された場合のタワミ差の低減の観点から、サポート・フレーム51を持っている。また、全体構造の剛性向上のため、幅が広いメジャー・ストラット52を持つこともある。

【0035】ここで、さらにレチクルの詳細を図6を参照しながら、説明する。図6は、レチクルR1を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR1の上面図である。図6に示すように、レチクルR1には、パターン領域RP1が設けられている。パターン領域RP1は、ウエハに投影されるパターンが設けられている領域である。パターン領域RP1の形は、長方形である。

【0036】尚、パターン領域RP1は、1つに限らず、2つ以上の領域であってもよい。パターン領域RP1には、格子状に並ぶ位置にサブフィールドSF0101~SF2020(これらをサブフィールドSFと総称する)が設けられている。即ち、サブフィールドSFは、行方向と列方向とに直線状に並んでいる。サブフィールドSFは、ここでは行方向に20個、列方向に20個設けられている。

【0037】尚、サブフィールドSFは、行方向に20個、列方向に20個に限らず、行方向にも列方向にも、いくつ設けられていてもよい。ここでレチクル上での方向を明確にしておく。先の露光原理の説明で述べた「電子線を露光のために順次偏向する方向」は「ステージを

スキャンする方向に対して垂直な方向」で、列方向(X方向)である。一方、「ステージをスキャンする方向」は行方向(Y方向)である。

【0038】サブフィールドSF0101は、第1行目、第1列目の位置にあるサブフィールドSFである。サブフィールドSF0201は、第1行目、第2列目の位置にあるサブフィールドSFである。同様に、サブフィールドSF2001は、第1行目、第20列目の位置にあるサブフィールドSFである。

10 【0039】サブフィールドSF0102は、第2行目、第1列目の位置にあるサブフィールドSFである。同様に、サブフィールドSF0120は、第20行目、第1列目の位置にあるサブフィールドSFである。サブフィールドSF2020は、第20行目、第20列目の位置にあるサブフィールドSFである。一般的には、この各行の長さが電子線を露光するために偏向する偏向照明可能領域の長さとなる。(尚、図5には二つのパターン領域があるが、偏向照明可能領域の長さはその内の1つの短辺の長さである。)

20 尚、サブフィールドSFの形状は、正方形に限らず、格子状に並ぶことができる形状ならば、どのような形状でもよく、例えば、正六角形であってもよい。

【0040】列方向に並ぶサブフィールドSF0101~SF2001とサブフィールドSF0102~SF2002との間には、行マイナーストラットCG1が設けられている。同様に、列方向に並ぶ各サブフィールドSFの間には、行マイナーストラットCG2~CG19が設けられている。行マイナーストラットCG1~CG19は所定の間隔をもって配置されており、これらを行マイナーストラットCGと総称する。行マイナーストラットCGはサポート領域のひとつであり、サブフィールドSFをサポートする領域である。電子ビームがレチクルR1を照明する方向から見た行マイナーストラットCGの形状は、列方向に伸びる長方形である。行マイナーストラットCGの列方向の位置は、サブフィールドSF0101からサブフィールドSF2001までである。

30 【0041】行方向に並ぶサブフィールドSF0101~SF0120とサブフィールドSF0201~SF0220との間には、列マイナーストラットRG1が設けられている。同様に、列方向に並ぶ各サブフィールドSFの間には、列マイナーストラットRG2~RG19が設けられている。列マイナーストラットRG1~RG19は所定の間隔をもって配置されており、これら进行マイナーストラットRGと総称する。列マイナーストラットRGは、サブフィールドSFをサポートする領域である。電子ビームがレチクルR1を照明する方向から見た列マイナーストラットRGの形状は、行方向に伸びる長方形である。列マイナーストラットRGの行方向の位置は、サブフィールドSF0101からサブフィールドSF0120までである。

【0042】尚、レチクルは、図7に示すような構成のレチクルR2であってもよい。図7は、レチクルR2を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR2の上面図である。図7に示すように、レチクルR2には、パターン領域RP2が設けられている。パターン領域RP2は、ウェハに投影されるパターンが設けられている領域である。

【0043】パターン領域RP2には、1次元サブフィールドCSF1～CSF20（これらを1次元サブフィールドCSFと総称する）が設けられている。各1次元サブフィールドCSFには、ウェハに投影されるパターンが分割して設けられている。電子ビームがレチクルR2を照明する方向から見た各1次元サブフィールドCSFの形状は、列方向に伸びる長方形である。各1次元サブフィールドCSFは、互いの長辺が平行になる位置に並んで設けられている。

【0044】各1次元サブフィールドCSFの間には、1次元マイナーストラットCCG1～CCG19（これらを1次元マイナーストラットCCGと総称する）が設けられている。1次元マイナーストラットCCGは、1次元サブフィールドCSFを支持する領域である。電子ビームがレチクルR1を照明する方向から見た各1次元マイナーストラットCCGの形状は、列方向に伸びる長方形である。1次元マイナーストラットCCGはサポート部の一つの形態である。

【0045】図6に戻って、レチクルR1の説明を続ける。図6の線分ABの位置で、レチクルR1を切断した断面図が、図8である。図8に示すように、サブフィールドSFの形状は、孔（開口）である。サブフィールドSFの底面には、メンブレンM1が設けられている。メンブレンM1は、パターンが設けられる領域である。サブフィールドSFを照明する電子ビームは、メンブレンM1を照明する。メンブレンM1には、パターンが設けられている。パターンは、貫通孔（開口）である。メンブレンM1の中で、パターンの領域を照明する電子ビームは、この貫通孔を直進する。メンブレンM1の中で、パターンでない領域を照明する電子ビームは、広い角度に散乱する。

【0046】尚、メンブレンM1は、図9に示すような、メンブレンM2であってもよい。図9は、メンブレンM2を照明する電子ビームが進む方向に切断した、メンブレンM2の断面図である。メンブレンM2には、パターンの形状をした透過膜M21が、設けられている。透過膜M21を照明する電子ビームは、狭い角度に散乱する。メンブレンM2の中で、透過膜M21でない領域を照明する電子ビームは、広い角度に散乱する。

【0047】図8に戻って、レチクルR1の説明を続ける。行マイナーストラットCGの照明系12側の面（この面を行マイナーストラット面CGPと称す）と、列マイナーストラットRGの照明系12側の面（この面

を列マイナーストラット面RGPと称す）とは、レーザー光を正反射する。行マイナーストラット面CGPと列マイナーストラット面RGPとを、マイナーストラット面GPと総称する。さて、図2にもどって、ウェハ24はウエハステージ25に搭置されており、やはり斜入射フォーカス検出ビーム9がその送光系7から入射し、反射光が受光系8にて検出される。ウエハステージ25は不図示の3個所のアクチュエータにより、上下方向およびティルト制御が可能となっている。尚、ウエハのオートフォーカス検出原理は、例えば本出願人の特開昭56-42205に開示された光電検出であり、振動ミラー（周波数：数kHz）により、受光センサ前のスリット上でビームを振動させることにより、ミラーの振動周期の2倍波を検出することにより、ベストフォーカスを判定する。また、露光時のウエハステージのスキャン動作に対応するため、やはり本出願人の特開平6-283403や特開平8-064506に開示されているような1次元多点ビームを複数列（図10では3列）配し、1列をウエハ凹凸情報のフィード・フォワード用（Row B）、真ん中の列をサーボ制御用（Row A）、もう1列（Row C）は、逆方向のステージスキャン時のフィードフォワード用として用いる。図中のy方向がウエハステージの移動方向であり、ステージが矢印Cの方向に移動する時にはRow Bをフィード・フォワード用に、矢印Bの方向に移動する時にはRow Cをフィード・フォワード用に用いる。尚、これらのビーム間隔BSについてはウエハの平面性、ステージの傾斜等を考慮にいれて定める。

【0048】次に、本発明を第1図を用いて説明する。第1図において、UCは電子銃部と照明系部よりなる電子光学系を有する上部カラムを、LCは投影レンズをなす電子光学系を有する下部カラムを表す。21はレチクルを、24はウエハを示す。レチクル21はレチクル・ステージ1の上に載置されている。レチクル・ステージ1はボディ3との間に上下方向のアクチュエータ2を介して組み上げられている。アクチュエータ2は実際には3個所あり、上下方向およびティルト制御が可能となっている。このようなアクチュエータの例としてはピエゾ素子が適している。6は斜入射型のフォーカス検出ビーム（レチクル位置計測ビーム、AF検出光とも言う）であり、4はその送光系（AF照明装置とも言う）を、5は高さ検出系を示している。ところで、投影系レンズ系は電流をコイルに流して励起されるために必然的に発熱を伴う。この発熱による機械的な膨張によって投影レンズ系の精度が低下しないように通常は投影系レンズを保持するカラムは冷却されている。従って、この投影系レンズとレチクルの位置関係を測定するための送光系4と高さ検出系5は低膨張材（例えば、Zerodur）からなる結合部材11によってカラムに取り付けられていることが好ましい。尚、当業者なら容易に理解できることではあるが、レチクル、レチクルステージ、上部カラムの下辺

部及び下部カラムの上辺部は真空チャンバー内に収められ、送光系4より出たフォーカス検出ビーム6は真空チャンバーのフランジに取り付けられた窓材を通してチャンバー内に送り込まれる。高さ検出系5には受光センサが組み込まれている。この受光センサは高さ検出系に入射するレチクルフォーカス検出ビームの位置を検出する機能を有するものなら使用可能である。たとえば、CCDの様な受光部が微細な独立した感光部の集合体からなるセンサ、受光部が単に2分割又は4分割されたセンサ、受光部そのものは分割されていないが位置情報が得られるPSD (Position Sensitive Detector)等が好ましい。これは、送光系4より出たレチクルフォーカス検出ビーム6はレチクルによって反射されるが、レチクルの投影系に対する高さが増減すると反射光は所定の光路に対して横ずれを起こし、この横ずれが高さ検出系に入射する位置の変化(センサ上での横ずれ)となって計測されるからである。

【0049】さて、ここで、本発明であるレチクルのオートフォーカスについて、更にその詳細について述べる。まず、レチクルのフォーカス検出ビーム6には、シリコン系のレチクル材質に対しても十分な反射光量を得るために、LEDからの光またはハロゲンランプからの光のうち600-900nm程度の可視から赤外部を利用する。光源より出たフォーカス検出ビームは不図示のレンズ系によってレチクルに入射する直前で直径0.05mm程度のビームに成形され、レチクルに入射すると短軸の長さが0.05mmの楕円になる。また、オートフォーカス機構はステンシル・タイプのレチクルにも対応しなければならない。従って、ビームの照射位置に関しては、穴のあいている場所ではビームが抜けてしまうので、ビームがレチクルにあたる場所は、マイナー・ストラット位置のメンブレン側が望ましい。また、レチクルの上下動によらずビームのあたる場所をマイナー・ストラット位置とするためには、ビームの入射方位はマイナー・ストラットの走る方向が望ましい。図11(a)はその一例を示したもので、斜線の楕円形で示したレチクル・フォーカス検出ビーム71は制御応答を保つためにステージがスキャンする縦方向に関しマイナー・ストラット2列ずつ離れた位置に、計3列配されている。ビームの入射方位はステージスキャンの方向(紙面の下方向または上方向)からである。この例の場合、ビームは常にマイナー・ストラットに対応した位置にあるため、レチクルの上下動によらず常に検出を行うことができる。

【0050】次に、レチクルステージ、ウェハステージの制御とオートフォーカス動作に関する装置構成を図12に記した。図12は先の図2を模式的な表現を用いて書き換えた荷電粒子線露光装置100の機能をあらわすブロック図である。図12に示すように、荷電粒子線露光装置100には、光源(荷電粒子源、例えば電子銃)111と照明系12とレチクルステージ1と投影系23

とウェハステージ25とステージ検出装置102とフォーカス検出機構103とが、設けられている。

【0051】ステージ検出装置102は、レチクルステージの位置を検出する装置である。図13を参照しながら、ステージ検出装置102を説明する。図13は、ステージ検出装置102の機能を表すブロック図である。図13に示すように、ステージ検出装置102には、干渉計121とストラットディテクタ122とが、設けられている。干渉計121は、レチクルステージの位置を検出するレーザー干渉計であり、レチクルステージ1の位置をあらわす干渉計データDYを出力する。

【0052】尚、レチクルステージのX方向の位置を検出する、干渉計121と同様な干渉計が、ステージ検出装置102に設けられていてもよい。ストラットディテクタ122は、レチクルステージが検出有効位置PENにあることを検出する回路である。検出有効位置PENは、後述のAF検出光132が行ストラット面CGPに到達する場合の、レチクルステージの位置である。ストラットディテクタ122には、検出有効位置PENを表す干渉計データDYの値を記憶するメモリ(不図示)

が、設けられている。ストラットディテクタ122は、このメモリに記憶している干渉計データDYの値と、干渉計121が出力する干渉計データDYの値とが等しくなる場合に、AFエナブル信号SENを出力する。AFエナブル信号SENは、レチクルステージが検出有効位置PENにあることを表す信号である。尚、ストラットディテクタ122は、フォーカス検出機構103に設けられていてもよい。ストラットディテクタ122は、請求項24の有効位置検出手段の例である。

【0053】フォーカス検出機構103は、レチクル21の各サブフィールドSFの高さHSFを検出する装置である。高さHSFが表す位置は、図8に示すように、行グリレジ面GCPとほぼ同じ高さとなる位置で、電子ビームがサブフィールドSFを照明する方向から見たサブフィールドSFの正方形の重心となる位置である。フォーカス検出機構103は、高さHSFをあらわす高さデータDSFを、出力する。フォーカス検出機構103は、複数の高さデータDSFに基づいて、高さHSFを検出したサブフィールドSFに隣接するサブフィールドSFの高さHSFを、予測する。フォーカス検出機構103は、予測した高さHSFをあらわす高さ予測データDSFPを、出力する。

【0054】ここで、図14を参照しながら、照明系12とレチクルステージとフォーカス検出機構103との詳細を、説明する。図14は、照明系12とレチクルステージとフォーカス検出機構103との機能を表すブロック図である。図14において、Y方向は、レチクルステージが移動する方向である。X方向は、Y方向と垂直な方向である。Z方向は、XY平面と垂直な方向で、レチクルR1から照明系12に向かう方向である。尚、本

図ではレチクルのストラット面側よりAF検出光を入射しており、図1ではレチクルのメンブレン側（パターンが形成されている側）よりAF検出光を入射させているが、フォーカス検出という点では本質的な違いはない。

【0055】レチクルステージは、レチクルR1のサブフィールドSFの列方向がX方向と平行で、サブフィールドSFの行方向がY方向と平行な位置に、レチクルR1を保持する。レチクルR1の高さは、Z方向の位置である。照明系12は、行方向に並ぶ20個のサブフィールドSFを、電子ビームを走査しながら、照明する。照明系12は、高さデータDSFを入力する。照明系12は、各サブフィールドSFの高さデータDSFが示す位置で、電子ビームの各種歪みと各種収差とが最も少なくなるように、電子ビームを補正する。

【0056】フォーカス検出機構103は、まずレチクルR1のマイナーストラット面GPの高さを検出する。フォーカス検出機構103には、AF照明装置131（図1のフォーカス検出ビームの送光系と同じ）と高さ検出系5とデータ処理装置135とが、設けられている。

【0057】AF照明装置131は、AF検出光132（図1のフォーカス検出ビーム6と同じ）を行マイナーストラット面CGPに向けて発射する装置である。AF照明装置131は、レチクルステージがプラスY方向とマイナスY方向とに移動している間、常にAF検出光132を発射している。照明系12に対するAF検出光132の相対的な方向は、固定されている。従って、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合、AF検出光132が到達する行マイナーストラット面CGP上の位置は、マイナスY方向に移動する。

【0058】AF検出光132と、AF検出光132が到達するマイナーストラット面GP上の位置とを、図15～図16を参照しながら、更に詳しく説明する。

（尚、ここではビーム形状が先述の円形ビームとは違って長方形の断面形状で記述しているが、本質的な差はない。）図15は、AF検出光132が進む方向と垂直な方向に切断したAF検出光132の断面を、AF照明装置131からマイナーストラット面GPに向かって見た図である。図15に示すように、AF検出光132は、マルチビームLA1～LC5の集合である。それぞれのマルチビームLA1～LC5は、レーザー光、LED、ハロゲン光源より出た600-900nmの光である。マルチビームLA1～LC5は、レチクルR1の行方向に3行、列方向に5列並んでいる。

【0059】行方向に1行目のマルチビームLC1～LC5には、共通に符号Cを付している。同様に、行方向に2行目のマルチビームLA1～LA5には、共通に符号Aを付し、3行目のマルチビームLB1～LB5には、共通に符号Aを付している。

【0060】列方向に1列目のマルチビームLA1、L

B1、LC1には、共通に符号1を付している。同様に、列方向に2列目のマルチビームLA2、LB2、LC2には、共通に符号2を付し、3列目のマルチビームLA3、LB3、LC3には、符号3を付し、列方向に4列目のマルチビームLA4、LB4、LC4には、共通に符号4を付し、5列目のマルチビームLA5、LB5、LC5には、共通に符号5を付している。

【0061】AF検出光132が到達するマイナーストラット面GP上の位置（この位置を高さ検出位置PA1～PC5と称す）を、図16を参照しながら説明する。図16は、レチクルR1を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR1の上面図である。高さ検出位置PA1は、マルチビームLA1が到達する位置である。高さ検出位置PB1は、マルチビームLB1が到達する位置である。高さ検出位置PC1は、マルチビームLC1が到達する位置である。同様に、高さ検出位置PA2～PC5は、マルチビームLA2～LC5が到達する位置である。各高さ検出位置PA1～PC5の位置は、各サブフィールドSFの四隅の中の1つの隅の近傍である。

図16に示すように、高さ検出位置PA1、PB1、PC1は、行マイナーストラットCG1のサブフィールドSF0101側の端に、位置している。高さ検出位置PA1、PB1、PC1は、行方向に並んでいる。高さ検出位置PA1と高さ検出位置PB1との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。同様に、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PC1との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。当然であるが、この長さは列方向に伸びるストラットの間隔と同じである。高さ検出位置PA5、PB5、PC5は、行マイナーストラットCG1のサブフィールドSF2001側の端に、位置している。高さ検出位置PA5、PB5、PC5は、行方向に並んでいる。

【0062】高さ検出位置PA5と高さ検出位置PB5との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。同様に、高さ検出位置PA5と高さ検出位置PC5との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。高さ検出位置PA3、PB3、PC3は、列方向に対して、行マイナーストラットCG1の中央付近に位置している。即ち、高さ検出位置PA3、PB3、PC3は、列グリレッジRG10上に位置している。

【0063】高さ検出位置PA3、PB3、PC3は、行方向に並んでいる。高さ検出位置PA3と高さ検出位置PB3との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。同様に、高さ検出位置PA3と高さ検出位置PC3との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。

【0064】高さ検出位置PA2、PB2、PC2は、高さ検出位置PA1、PB1、PC1と検出位置PA

3、PB3、PC3との中央付近に位置している。即ち、高さ検出位置PA2、PB2、PC2は、列マイナーストラットRG5上に位置している。高さ検出位置PA2、PB2、PC2は、行方向に並んでいる。高さ検出位置PA2と高さ検出位置PB2との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。同様に、高さ検出位置PA2と高さ検出位置PC2との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。

【0065】高さ検出位置PA4、PB4、PC4は、高さ検出位置PA3、PB3、PC3と検出位置PA5、PB5、PC5との中央付近に位置している。即ち、高さ検出位置PA4、PB4、PC4は、列マイナーストラットRG15上に位置している。高さ検出位置PA4、PB4、PC4は、行方向に並んでいる。高さ検出位置PA4と高さ検出位置PB4との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。同様に、高さ検出位置PA4と高さ検出位置PC4との間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔と同じ長さである。

【0066】従って、高さ検出位置PA1、PB1、PC1と高さ検出位置PA2、PB2、PC2と高さ検出位置PA3、PB3、PC3と高さ検出位置PA4、PB4、PC4と検出位置PA5、PB5、PC5とは、列方向にほぼ等間隔で、列方向に対称な位置に並んでいる。また、高さ検出位置PA1、PB1、PC1と高さ検出位置PA2、PB2、PC2との間隔は、各サブフィールドSFが列方向に並ぶ間隔の5倍の長さである。即ち、行方向に伸びるストラットの間隔の5倍の長さであり、請求項8の例である。

【0067】また、高さ検出位置PA1、PB1、PC1は、行方向に互いに等間隔に並んでいる。高さ検出位置PA2、PB2、PC2と高さ検出位置PA3、PB3、PC3と検出位置PA4、PB4、PC4と高さ検出位置PA5、PB5、PC5とについても、同様である。

【0068】高さ検出位置PA1、PA2、PA3、PA4、PA5は、照明系12が照明するサブフィールドSFの近傍に、位置する。高さ検出位置PB1、PB2、PB3、PB4、PB5は、照明系12が照明するサブフィールドSFの行方向に隣り合うサブフィールドSFの近傍に、位置する。高さ検出位置PC1、PC2、PC3、PC4、PC5は、照明系12が照明するサブフィールドSFの行方向と反対方向に隣り合うサブフィールドSFの近傍に、位置する。

【0069】前述のようにAF検出光132の方向は、照明系12に対して固定されているので、レチクルR1がプラスY方向に移動する場合は、高さ検出位置PA1～PC5はレチクルR1上を行方向に移動する。レチクルR1がマイナスY方向に移動する場合は、高さ検出位

置PA1～PC5はレチクルR1上を行方向と反対方向に移動する。

【0070】尚、AF検出光132は、図17に示すように、行方向にマルチビームLD1～LD5とマルチビームLE1～LE5とを、更に設けてもよい。図15は、AF検出光132が進む方向と垂直な方向に切断したAF検出光132の断面を、AF照明装置131からマイナーストラット面GPに向かって見た図である。

【0071】図17に示すAF検出光132が到達するマイナーストラット面GP上の位置を、図18を参照しながら説明する。図18は、レチクルR1を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR1の上面図である。高さ検出位置PD1は、マルチビームLD1がマイナーストラット面GP上に到達する位置である。高さ検出位置PE1は、マルチビームLE1が到達する位置である。同様に、各高さ検出位置PD2～PD5は、各マルチビームLD2～LD5がマイナーストラット面GP上に到達する位置で、各高さ検出位置PE2～PE5は、各マルチビームLE2～LE5がマイナーストラット面GP上に到達する位置である。

【0072】図18に示すように、高さ検出位置PD1は、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PB1とのほぼ中央に位置する。同様に、各高さ検出位置PD2～PD5は、各高さ検出位置PA2～PA5と各高さ検出位置PB2～PB5とのほぼ中央に位置する。

【0073】高さ検出位置PE1は、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PC1とのほぼ中央に位置する。同様に、各高さ検出位置PE2～PE5は、各高さ検出位置PA2～PA5と各検出位置PC2～PC5とのほぼ中央に位置する。従って、マルチビームLA1～LE1が行方向に並ぶ間隔は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔のほぼ半分である。また、マルチビームLA1～LE1は、行方向に左右対称で、マルチビームLA1～LE1の数は、奇数である。即ち、列方向に伸びるストラットの間隔の半分である。

【0074】また尚、図19に示すように、AF検出光132は、列方向にサブフィールドSFが列方向に並ぶ数と同じ数だけの高さ検出位置PA1～PA20、高さ検出位置PB1～PB20及び高さ検出位置PC1～PC20に、到達してもよい。図19は、レチクル21を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR1の上面図である。

【0075】図19において、高さ検出位置PA1の位置は、サブフィールドSF0101の近傍である。同様に、各高さ検出位置PA2～PA20の位置は、各サブフィールドSF0201～SF2001の近傍である。各高さ検出位置PB1～PB20の位置は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔だけ、各高さ検出位置PA1～PA20から行方向に離れている。各高さ検出位置PC1～PC20の位置は、サブフィールドSFが行方

向に並ぶ間隔だけ、各高さ検出位置PA1～PA20から行方向と反対方向に離れている。

【0076】また尚、図20に示すように、高さ検出位置PA2～PC2は、列マイナーストラットRG5に、高さ検出位置PA3～PC3は、列マイナーストラットRG10に、高さ検出位置PA4～PC4は、列マイナーストラットRG15に、それぞれ位置していてもよい。図20は、レチクル21を電子ビームが照明する方向から見た、レチクルR1の上面図である。図20において、高さ検出位置PA2の位置は、サブフィールドSF0501の近傍である。同様に、高さ検出位置PA3、PA4の位置は、サブフィールドSF1001～SF1501の近傍である。高さ検出位置PB2、PB3、PB4の位置は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔だけ、各高さ検出位置PA2、PA3、PA4から行方向に離れている。高さ検出位置PC2、PC3、PC4の位置は、サブフィールドSFが行方向に並ぶ間隔だけ、高さ検出位置PA2、PA3、PA4から行方向と反対方向に離れている。

【0077】ところで、パターン転写型荷電粒子線露光装置においては、今まで述べてきたように照明ビームは制御可能な範囲にて左右に偏向されながら、サブフィールド毎に順次レチクル上のパターンをウエハ上に転写してゆく場合だけでなく、ビームをブランピングすることなく、ステージのスキャン方向に対して垂直方向にビームをスキャンさせながら露光する方式も研究されている。第11図(b)はそのようなレチクルに先のフォーカス検出ビームを適用した場合であるが、縦方向(ステージ移動方向)のマイナー・ストラット41の数が少ないため、十分なビーム数を使えないという不都合がある。

【0078】そのため、本発明の次の実施例では、第21図(a)、(b)に見られるようにビームの入射方位をステージスキャンに対し垂直方向(紙面の左右方向)にした。図(a)、(b)共に、多数のビームをマイナー・ストラット41上に落とすことが出来、良好な制御が期待できる。ただし、ステージ移動に伴い、ビームはステンシルパターン部で反射して、誤検出する可能性もあるため、検出のタイミングはビームがマイナー・ストラット位置に一致した場合に行う。尚、一次元多点ビームを複数列配置して測定する場合の受光部5の受光センサとしては個々一次元多点ビームに対応した一次元画像センサ、例えば一次元CCD、や使用する複数の一次元多点ビームを一度に検出する2次元画像センサ、例えば2次元CCD、を用いる。

【0079】この点を更に、図22を基に、AF検出光132と高さ検出位置PA1～PC5との説明を行う。図22に示すようなAF検出光132は、レチクルR2を照明することもある。AF検出光132がレチクルR2を照明する場合の高さ検出位置PA1～PC5を、図22に示す。図22は、レチクルR2を電子ビームが

照明する方向から見た、レチクルR2の上面図である。図22に示すように、AF高さ検出位置PA1～PA5が1次元マイナーストラットCCG2上にある場合は、AF高さ検出位置PB1～PB5は1次元マイナーストラットCCG3上にあり、また、AF高さ検出位置PC1～PC5は1次元マイナーストラットCCG1上にある。従って、フォーカス検出機構3は、レチクルR2の各1次元マイナーストラットCCGの高さHGを検出できる。

【0080】ここまでは検出ビームの構成を記してきたが、ここで図14に戻って、フォーカス検出機構103の説明を行う。AF検出光132は、行マイナーストラット面CGPで正反射する。この反射光をAF反射光133と称す。AF反射光133は、マルチビームLA1～LC5が行マイナーストラット面CGPで正反射した光の集合である。AF反射光133は、高さ検出系5に入射する。高さ検出系5は、AF反射光133に基づいて、マイナーストラット面GPの高さHGを検出する装置である。図23～図28を参照しながら、高さ検出系5を説明する。図23は、高さ検出系5がAF反射光133を受光する受光面341を表す図である。図23に示すように、受光面341には、主受光部342と副受光部344と副受光部346とが、設けられている。主受光部342が設けられる位置を主受光位置343、副受光部344が設けられる位置を副受光位置345、そして、副受光部346が設けられる位置を副受光位置347と称す。主受光部342は、高さ検出位置PA1、PA2、PA3、PA4、PA5からのAF反射光133を受光する装置である。即ち、主受光部342は、照明系12が照明するサブフィールドSFの近傍からのAF反射光133を受光する。主受光部342には、光センサSSA1～SSA5が設けられている。光センサSSA1は、高さ検出位置PA1からのAF反射光133を受光するセンサーである。同様に、各光センサSSA2～SSA5は、各高さ検出位置PA2～PA5からのAF反射光133を受光するセンサーである。副受光部344は、高さ検出位置PB1、PB2、PB3、PB4、PB5からのAF反射光133を受光する装置である。即ち、副受光部344は、照明系12が照明するサブフィールドSFの行方向に隣り合うサブフィールドSFの近傍からのAF反射光133を受光する。副受光部344には、光センサSSB1～SSB5が設けられている。光センサSSB1は、高さ検出位置PB1からのAF反射光133を受光するセンサーである。同様に、各光センサSSB2～SSB5は、各高さ検出位置PB2～PB5からのAF反射光133を受光するセンサーである。副受光部346は、高さ検出位置PC1、PC2、PC3、PC4、PC5からのAF反射光133を受光する装置である。即ち、副受光部346は、照明系12が照明するサブフィールドSFの行方向と反対方向

に隣り合うサブフィールドSFの近傍からのAF反射光133を受光する。副受光部346には、光センサSSC1~SSC5が設けられている。光センサSSC1は、高さ検出位置PC1からのAF反射光133を受光するセンサーである。同様に、各光センサSSC2~SSC5は、各高さ検出位置PC2~PC5からのAF反射光133を受光するセンサーである。

【0081】主受光部342は、請求項19の主受光手段の例である。副受光部344と副受光部346とは、請求項20の副受光手段の例である。高さ検出系5は、光センサSSA1の出力に基づいて、高さ検出位置PA1にあるマイナーストラット面GPの高さHGを、演算によって求める。同様に、高さ検出系5は、光センサSSA2~SSA5、光センサSSB1~SSB5及び光センサSSC1~SSC5の出力に基づいて、高さ検出位置PA2~PA5、高さ検出位置PB1~PB5及び高さ検出位置PC1~PC5にあるマイナーストラット面GPの高さHGを、演算によって求める。

【0082】セレクト信号SLは、副受光部344か副受光部346のいずれかを、選択する信号である。高さ検出系5は、セレクト信号SLに基づいて、2組のデータを出力する。セレクト信号SLが副受光部344を選択する場合、高さ検出系5が出力する一方の組のデータは、高さ検出位置PA1~PA5の高さHGを表す高さデータDGであり、他方の組のデータは高さ検出位置PB1~PB5の高さHGを表す高さデータDGである。即ち、後述のように、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合には、高さ検出系5は、高さ検出位置PA1~PA5の高さHGを表す高さデータDGと、高さ検出位置PB1~PB5の高さHGを表す高さデータDGとを、出力する。セレクト信号SLが副受光部346を選択する場合、高さ検出系5が出力する一方の組のデータは、高さ検出位置PA1~PA5の高さHGを表す高さデータDGであり、他方の組のデータは、高さ検出位置PC1~PC5の高さHGを表す高さデータDGである。即ち、後述のように、レチクルステージがマイナスY方向に移動する場合には、高さ検出系5は、高さ検出位置PA1~PA5の高さHGを表す高さデータDGと、高さ検出位置PC1~PC5の高さHGを表す高さデータDGとを、出力する。高さ検出位置PA1~PA5の高さHGを表す高さデータDGを、それぞれ高さデータDGA1~DGA5と称す。高さ検出位置PB1~PB5の高さHGを表す高さデータDGを、それぞれ高さデータDGB1~DGB5と称す。高さ検出位置PC1~PC5の高さHGを表す高さデータDGを、それぞれ高さデータDGC1~DGC5と称す。高さデータDGは、高さデータDGA1~DGA5と高さデータDGB1~DGB5とデータDGC1~DGC5との総称である。

【0083】データ処理装置135は、サブフィールド

SFの高さHSFを演算によって求める装置である。図24を参照しながら、データ処理装置135を説明する。図24は、データ処理装置135の機能を表すブロック図である。図24に示すように、データ処理装置135には、方向判定回路351とセンサセクタ352と補間回路353と高さ決定回路354と予測回路355とが設けられている。

【0084】方向判定回路351は、レチクルステージの移動方向を判定する回路である。方向判定回路351は、干渉計データDYに基づいて、レチクルステージRの移動方向が、プラスY方向かマイナスY方向かを判定する。例えば、方向判定回路351は、干渉計データDYの値が増加すると、プラス方向と判定する。

【0085】レチクルステージは、レチクルR1の行方向と反対方向がプラスY方向となる位置に、レチクルR1を保持する。従って、方向判定回路351がレチクルステージはプラスY方向に移動していると判定する場合には、レチクルR1は、行方向に移動する。方向判定回路351がレチクルステージはマイナスY方向に移動していると判定する場合には、レチクルR1は、行方向と反対方向に移動する。方向判定回路351は、レチクルステージの移動方向がプラスY方向かマイナスY方向かを表す方向データDDを、センサセクタ352に出力する。方向判定回路351は、請求項23の方向検出手段の例である。(尚、この方向判定は露光シークエンサより移動方向の情報を受けて方向判定を行うことも可能である。)

センサセクタ352は、セレクト信号SLを高さ検出系5に出力する回路である。方向データDDがプラスY方向を表す場合には、センサセクタ352は、副受光部344を選択することを表すセレクト信号SLを、出力する。即ち、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合は、センサセクタ352は、副受光部344を選択することを表すセレクト信号SLを、出力する。方向データDDがマイナスY方向を表す場合には、センサセクタ352は、副受光部346を選択することを表すセレクト信号SLを、出力する。即ち、レチクルステージがマイナスY方向に移動する場合は、センサセクタ352は、副受光部346を選択することを表すセレクト信号SLを、出力する。尚、セレクト信号SLを出力するセンサセクタ352に限らず、方向データDDに基づいて、高さデータDGを選択するデータセクタ356を、設けてもよい。この場合は、図25に示すように、高さ検出系5は、レチクルステージの移動方向に関わらず、常に主受光部342と副受光部344と副受光部346とからの高さデータDGを、出力すればよい。図25は、データ処理装置135の機能を表すブロック図である。センサセクタ352は、請求項23の選択手段の例である。

【0086】補間回路353は、高さデータDGを補間

する演算を行う回路である。補間回路353は、高さ検出系5が出力する2組のデータのそれぞれの間を、補間する。高さ検出系5が高さデータDGA1~DGA5と高さデータDGB1~DGB5とを出力する場合、即ち、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合には、補間回路353が補間する一方の組みのデータは、高さデータDGA1~DGA5で、他方の組みのデータは、高さデータDGB1~DGB5である。高さ検出系5が高さデータDGA1~DGA5と高さデータDGC1~DGC5とを出力する場合、即ち、レチクルステージがマイナスY方向に移動する場合には、補間回路353が補間する一方の組みのデータは、高さデータDGA1~DGA5で、他方の組みのデータは、高さデータDGC1~DGC5である。補間回路353は、請求項14の補間手段の例である。図26を参照しながら、高さデータDGA1と高さデータDGA2との間を補間する場合を例に挙げて、補間回路353を説明する。

【0087】図26は、サブフィールドSFの位置と高さ検出位置PA1、PA2、PB1、PB2の位置とを表す図である。図26は、高さ検出位置PB1、PB2が行マイナーストラットCG1に位置する場合を、表している。前述のように、高さ検出位置PA1は、行マイナーストラットCGのサブフィールドSF0101側の端に、位置している。高さ検出位置PA2は、列マイナーストラットRG5上に位置している。従って、図26に示すように、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PA2との間には、サブフィールドSF0101、SF0201、SF0301、SF0401、SF0501と、列マイナーストラットRG1、RG2、RG3、RG4、RG5とが、位置する。補間回路353が補間する位置は、高さ検出位置PA1-1、PA1-2、PA1-3、PA1-4である。高さ検出位置PA1-1、PA1-2、PA1-3、PA1-4は、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PA2とを結ぶ線分を、ほぼ均等に五等分する位置である。高さ検出位置PA1-1、PA1-2、PA1-3、PA1-4は、それぞれ列マイナーストラットRG1、RG2、RG3、RG4上に位置する。補間回路353は、AFエナブル信号SENを入力すると、高さ検出位置PA1の高さデータDGA1と高さ検出位置PA2の高さデータDGA2とから、高さ検出位置PA1-1、PA1-2、PA1-3、PA1-4の高さデータDGA1-1、DGA1-2、DGA1-3、DGA1-4を線形補間演算によって、求める。尚、補間回路353は、高さデータDGA1と高さデータDGA2とからだけでなく、高さデータDGA1、DGA2、DGA3、DGA4、DGA5とから、高さデータDGA1-1、DGA1-2、DGA1-3、DGA1-4を求めてもよい。補間回路353は、高さデータDGA1、DGA1-1、DGA1-2、DGA1-3、DGA1-4、DGA2を出力する。補間

回路353は、AFエナブル信号SENを入力しない場合は、線形補間演算も行わず、高さデータDGA1、DGA1-1、DGA1-2、DGA1-3、DGA1-4、DGA2も出力しない。

【0088】このように、ステージ検出装置2は、行マイナーストラット面CGPにAF検出光132が到達する場合にAFエナブル信号SENを出力するので、補間回路353は、行マイナーストラット面CGPにAF検出光132が到達する場合に、高さデータDGA1、DGA1-1、DGA1-2、DGA1-3、DGA1-4、DGA2を高さ決定回路354に出力する。同様に、補間回路353は、高さデータDGA2~DGA5の間も、補間する。また同様に、高さデータDGB1~DGB5の間か、或いは、高さデータDGC1~DGC5の間かを、補間する。補間した高さデータDGA1、DGA1-1~DGA5を、高さデータIDGA1、IDGA1-1~IDGA5と称す。同様に、補間した高さデータDGB1~DGB5を、高さデータIDGB1、IDGB1-1~IDGB5と称し、補間した高さデータDGC1~DGC5を、高さデータIDGC1、IDGC1-1~IDGC5と称す。補間回路353は、補間した2組のデータを高さ決定回路354に出力する。

【0089】高さ決定回路354は、サブフィールドSFの高さHSFを、演算によって求める回路である。高さ決定回路354は、補間回路353が出力する2組のデータに挟まれる位置にあるサブフィールドSFの、高さHSFを求める。即ち、高さ決定回路354は、高さデータIDGA1~IDGA5と高さデータIDGB1~IDGB5とに挟まれるサブフィールドSFの高さHSFか、高さデータIDGA1~IDGA5と高さデータIDGC1~IDGC5とに挟まれるサブフィールドSFの高さHSFかのいずれかを、求める。言い換えると、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合には、高さ決定回路354は、高さデータIDGA1~IDGA5と高さデータIDGB1~IDGB5とに挟まれるサブフィールドSFの高さHSFを、求める。レチクルステージがマイナスY方向に移動する場合には、高さ決定回路354は、高さデータIDGA1~IDGA5と高さデータIDGC1~IDGC5とに挟まれるサブフィールドSFの高さHSFを、求める。

【0090】図26を参照しながら、高さ検出位置PA1、高さ検出位置PA1-1、高さ検出位置PB1及び高さ検出位置PB1-1に挟まれる、サブフィールドSF0101の高さHSFを求める場合を例に挙げて、高さ決定回路354を説明する。高さ検出位置PA1は、高さデータIDGA1が表す位置である。高さ検出位置PA1-1は、高さデータIDGA1-1が表す位置である。高さ検出位置PB1は、高さデータIDGB1が表す位置である。高さ検出位置PB1-1は、高さデータIDGB1-1が表す位置である。

タIDGB1-1が表す位置である。

【0091】高さ決定回路354は、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PA1-1と高さ検出位置PB1と高さ検出位置PB1-1とを4隅とする矩形の中心P0101の位置を、求める。前述のように、高さ検出位置PA1と高さ検出位置PA1-1と高さ検出位置PB1と検出位置PB1-1とは、サブフィールドSF0101の正方形の4隅の近傍にそれぞれ位置するので、中心P0101の位置は、サブフィールドSF0101の正方形の重心の位置と、ほぼ一致する。高さ決定回路354は、高さデータIDGA1と高さデータIDGA1-1と高さデータIDGB1と高さデータIDGB1-1との平均値を、求める。この平均値がサブフィールドSF0101の高さHSFであり、高さHSFの位置は、中心P0101である。同様に、高さ決定回路354は、補間回路353が出力する2組のデータに挟まれる位置にあるサブフィールドSFの、高さHSFを求める。

【0092】図25に戻って、データ処理回路35の説明を続ける。上述のように、補間回路353は、レチクルステージの移動方向に基づいて、2組のデータを出力するので、高さ決定回路354も、レチクルステージRSの移動方向に基づいて、高さHSFを求める。高さ決定回路354は、高さHSFを表す高さデータDSFを、出力する。高さ決定回路354は、請求項17のサブフィールド決定手段の例である。

【0093】予測回路355は、複数の高さデータDSFから、行方向に隣り合うサブフィールドSFの予測高さHSFPを、予測する回路である。高さデータDSFが、レチクルステージの移動方向に基づいて、出力されるので、予測回路355もレチクルステージの移動方向に基づいて、予測高さHSFPを、予測する。即ち、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合には、予測回路355は、高さデータDSFの表すサブフィールドSFのマイナスY方向に隣り合うサブフィールドSFの予測高さHSFPを、予測する。レチクルステージがマイナスY方向に移動する場合には、予測回路355は、高さデータDSFの表すサブフィールドSFのプラスY方向に隣り合うサブフィールドSFの予測高さHSFPを、予測する。図27と図28とを参照しながら、レチクルステージがプラスY方向に移動する場合に、サブフィールドSF0101に対してマイナスY方向に並ぶサブフィールドSF0103の予測高さHSFPを求め動作を例に挙げて、予測回路355を説明する。図27は、高さHSFと予測高さHSFPとを表すグラフである。図24において、HSF0101は、サブフィールドSF0101の高さHSFである。HSF0102は、サブフィールドSF0102の高さHSFである。HSFP0103は、サブフィールドSF0103の予測高さHSFPである。図28は、サブフィールドSF0101～SF0103を表す図である。図28におい

て、中心P0102はサブフィールドSF0102の高さHSF0102の位置を表し、中心P0103はサブフィールドSF0103の予測高さHSF0103の位置を表す。図28に示すように、サブフィールドSF0103は、サブフィールドSF0101よりマイナスY方向に位置している。図27に示すように、予測回路355は、高さHSF0101と高さHSF0102とを結ぶ1次関数を求める。この1次関数が中心P0101よりマイナスY方向にある中心P0103と交わる点、サブフィールドSF0103の予測高さHSFP0103である。尚、予測回路355は、2つの高さHSFからに限らず、3つ以上のHSFから、高次の曲線を用いて予測高さHSFPを求めてもよい。この場合は、予測高さHSFPの予測精度が高まる利点がある。予測回路355は、サブフィールドSF0201～SF2001についても、マイナスY方向に並ぶサブフィールドSF0202～SF2002の予測高さHSFPを、求める。

【0094】このようにして、予測回路355は、レチクルステージの移動方向に基づいて、予測高さHSFPを予測すると、予測高さHSFPを表す高さ予測データDSFPを、照明系12に出力する。予測回路355は、請求項18の予測手段の例である。

【0095】図14に戻って、照明系12とフォーカス検出機構103との説明を続ける。照明系12は、露光し終わった3行のサブフィールドSFの高さデータDSFを記憶する。尚、照明系12は、3行のサブフィールドSFの高さデータDSFに限らず、2行以上ならば、何行でもサブフィールドSFの高さデータDSFを記憶してもよい。照明系12は、記憶している高さデータDSFと高さ予測データDSFPとを通る曲線を現す関数を、演算によって求める。求められた曲線に従って、レチクルの高さの補正、及び／又は照明・投影電子光学系による電子ビームの補正が行われる。

【0096】図12を基に、荷電粒子線露光装置100及びその動作をまとめると以下ようになる。レチクル21を照明した電子ビームは、レチクル21のパターンの形に整形される。整形された電子ビームは、投影系23に向かう。投影系23は、レチクル21からの電子ビームをウェハに投影する装置である。投影系23は、レチクル21のサブフィールドSFの像を、X方向とその逆方向とに走査しながら、縮小してウェハに投影する。ウェハステージは、レチクルステージが移動する方向と反対方向にウェハを移動しながら、ウェハを保持する装置である。

【0097】次に、荷電粒子線露光装置100の動作を説明する。レチクルステージに、レチクル21が保持され、ウェハステージWSにウェハが保持されると、荷電粒子線露光装置100は露光動作を開始する。レチクルステージは、レチクル21の行方向の反対方向が、プラ

スY方向と平行になる位置に、レチクル21を保持する。露光動作が開始されると、レチクルステージはY方向にレチクル21を移動する。光源111は、電子ビームを放射する。照明系12は、電子ビームをレチクル21の列方向に走査しながら、サブフィールドSFを照明する。

【0098】フォーカス検出機構103は、レチクル21にAF検出光132を、発射する。ステージ検出装置102は、レチクルステージの位置を検出し、干渉計データDYを出力する。また、ステージ検出装置2は、レチクルステージが検出有効位置PENにある場合に、AFエナブル信号SENを出力する。フォーカス検出機構103は、干渉計データDYを入力して、又は露光シークエンサよりの情報を基に、レチクルステージの移動方向を判定する。フォーカス検出機構103は、AFエナブル信号SENを入力している場合で、且つ、レチクルステージの移動方向がプラスY方向の場合には、高さ検出位置PA1~PA5と高さ検出位置PB1~PB5とからのAF反射光133に基づいて、照明系12が照明しているサブフィールドSFの高さHSFと、そのサブフィールドSFのマイナスY方向に隣り合うサブフィールドSFの予測高さHSFPとを、求める。一方、フォーカス検出機構103は、AFエナブル信号SENを入力している場合で、且つ、レチクルステージの移動方向がマイナスY方向の場合には、検出位置PA1~PA5と高さ検出位置PC1~PC5とからのAF反射光133に基づいて、照明系12が照明しているサブフィールドSFの高さHSFと、そのサブフィールドSFのプラスY方向に隣り合うサブフィールドSFの予測高さHSFPとを、求める。フォーカス検出機構103は、高さHSFを表す高さデータDSFと、予測高さHSFPを表す高さ予測データDSFPとを、出力する。

【0099】照明系12は、高さデータDSFが示す高さで、電子ビームの各種歪みと各種収差とが最も少なくなるように、電子ビームを補正する。また、照明系12は、記憶している高さデータDSFと高さ予測データDSFPとを通る曲線に沿って、電子ビームを補正する。

【0100】レチクル21を照明した電子ビームは、レチクル21のパターンの形に整形される。整形された電子ビームは、投影系23に向かう。投影系23は、レチクル21のサブフィールドSFの像を、X方向とその逆方向とに走査しながら、縮小してウェハに投影する。

【0101】ウェハステージが、レチクルステージが移動する方向と反対方向にウェハを移動すると、ウェハには、レチクル21のパターンが投影される。尚、フォーカス制御の例としては、レチクルRのフォーカス検出はレチクル・フォーカス検出ビームの受光センサ出力にて行い、アクチュエータ2の制御にフィードバックし、残差分は、投影レンズLCの電子光学系のフォーカスを、コイルに流す電流を制御してのダイナミックフォーカス制

御にて追従させることができる。この制御のためは、レチクルフォーカス検出受光部からの出力信号とウェハフォーカス検出受光部からの出力信号を受け取り、さらに両ステージの位置を測距干渉系から受け取って露光時のレチクル上のサブフィールドの高さ位置補正量とウェハのフォーカス補正量を決め、補正演算よりの出力をもとにレチクル、ウェハ双方のアクチュエータの制御と電子光学系のダイナミックフォーカスコイルの制御を行う。＜デバイス製造方法＞次に、上述の実施形態の荷電粒子線露光装置100を用いて、半導体素子等のデバイスを作成する動作の一例を、図29のフローチャートを参照しながら、説明する。Step101において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。Step102において、ウェハ上に蒸着された金属膜上に、フォトレジストが塗布される。Step103において、上述の実施形態の荷電粒子線露光装置1を用いて、レチクルR1上のパターンが、その1ロットのウェハ上に順次、露光される。Step104において、パターンの露光されたフォトレジストが、現像される。Step105において、現像されたレジストのパターンをマスクとして、その1ロットのウェハがエッチングされる。エッチングが行われると、レチクルR1上のパターンに対応する回路が、各ウェハ上に形成される。Step105の終了後、ウェハ上に形成された回路の上に、更に回路を形成することによって、極めて微細な回路を有するデバイスが製造される。

【0102】以上のように、本発明のレチクルのフォーカス検出機能を有する装置について説明した、本願発明の技術的思想は上記記述内容に限定されるものではないことは言うまでもない。

【0103】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、投影系に対するレチクルの高さ方向の位置を検出するための斜入射のマルチビームからなるフォーカス検出機能を設けることとし、マイナー・ストラットがフォーカス検出ビーム位置と一致したときに同期したデータをフォーカス検出信号とすることとしたので、ステンシルレチクルであっても誤検出することがない。更に、この斜入射光ビームによるフォーカス検出機能は、レチクルの高さ変化をセンサ上の横ずれ量に変換し、2分割センサ、または1次元リニアセンサにより、横ずれ量を計測することとしたので、レチクルステージの高速移動に対しても対応できる。また、フィードフォワード用のビームも用意したので、レチクルステージの移動方向によらず、安定したフォーカス検出と制御が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のフォーカス検出機構を備えた転写型荷電粒子線露光装置

【図2】 本発明のフォーカス検出機構が適用される転写型荷電粒子線露光装置の構成図。

【図3】 本発明の転写型荷電粒子線露光装置でのレチ

クルと結像原理。

【図4】 本発明の転写型荷電粒子線露光装置に使用されるレチクルの構造図。

【図5】 本発明での転写型荷電粒子線露光装置に使用されるレチクルの全体図。

【図6】 レチクルR1の上面図

【図7】 レチクルR2の上面図

【図8】 レチクルR1の断面図

【図9】 メンブレンM2の断面図

【図10】 ウエハのフォーカス検出に用いられているビームの配置例

【図11】 マイナーストラット上のフォーカス検出ビームとステージ移動方向、ビーム入射方向を示す。

【図12】 荷電粒子線露光装置100の機能をあらわすブロック図

【図13】 ステージ検出装置102の機能を表すブロック図

【図14】 照明系12とレチクルステージとフォーカス検出機構103との機能を表すブロック図

【図15】 AF検出光132の断面図

【図16】 AF検出光132の断面図

【図17】 AF検出光132の断面図

【図18】 レチクルR1の上面図

【図19】 レチクルR1の上面図

【図20】 レチクルR1の上面図

【図21】 マイナーストラット上のフォーカス検出ビームとステージ移動方向、ビーム入射方向を示す。

【図22】 レチクルR2の上面図

【図23】 受光面341を表す図

【図24】 データ処理装置135の機能を表すブロック図

【図25】 データ処理装置135の機能を表すブロック図

【図26】 サブフィールドSFの位置を表す図

【図27】 高さHSFと予測高さHSFPとを表すグラフ

【図28】 サブフィールドSF0101～SF0103を表す図

【図29】 フローチャート

【符号の説明】

UC 照明系、

LC 投影レンズ系、

1 レチクルステージ、

4、5、6 レチクル・フォーカス検出ビームの送光系、高さ検出系とビーム、

7、8、9 ウエハ・フォーカス検出ビームの送光系、受光系とビーム

21 レチクル

24 ウエハ、

25 ウエハステージ、

23 投影レンズ

41 マイナー・ストラット

43 サブフィールド

71 マイナー・ストラット上のフォーカス検出

ビーム

100 荷電粒子線露光装置

102 ステージ検出装置

103 フォーカス検出機構

12 照明系

121 干渉計

122 マイナーストラットディテクタ

131 AF照明装置

132 AF照明光

133 AF反射光

135 データ処理装置

342 主受光部

344 副受光部

346 副受光部

351 方向判定回路

352 センサセレクト

353 補間回路

354 高さ決定回路

355 予測回路

CG 行マイナーストラット

DG 高さデータ

DSF 高さデータ

DSFP 高さ予測データ

DY 干渉計データ

HG マイナーストラット面の高さ

HSF サブフィールドの高さ

PA1～PA5 高さ検出位置

PA1-1～PA1-4 高さ検出位置

PB1-1～PB1-4 高さ検出位置

PB1～PB5 高さ検出位置

40 PC1～PC5 高さ検出位置

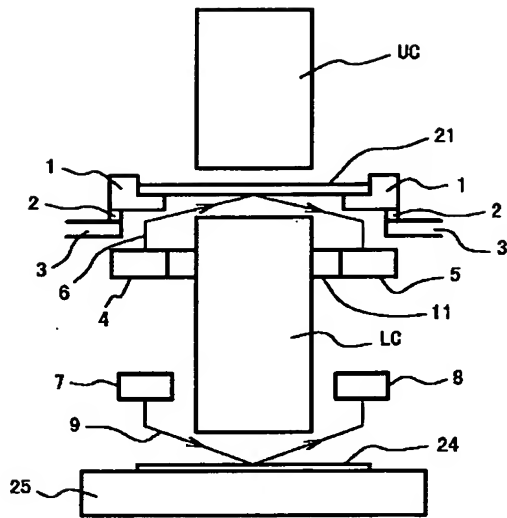
RG 列マイナーストラット

SEN AFエナブル信号

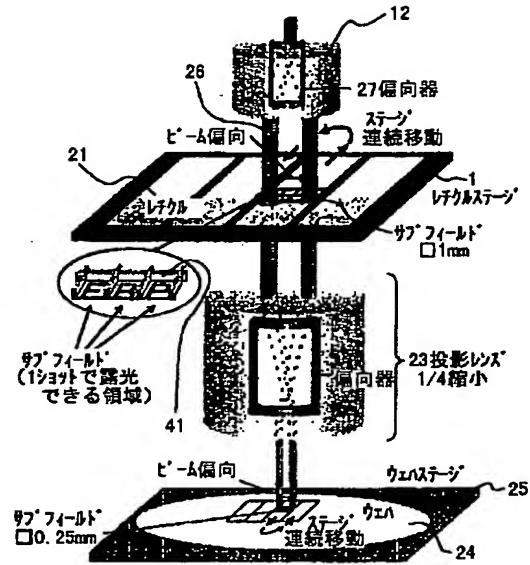
SF サブフィールド

SL セレクト信号

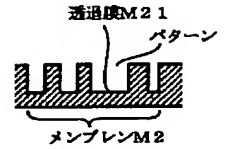
【図1】



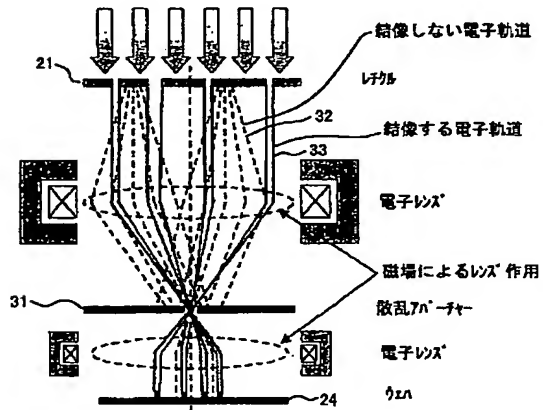
【図2】



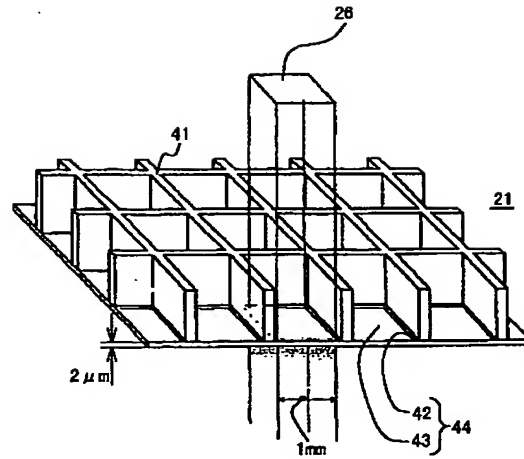
【図9】



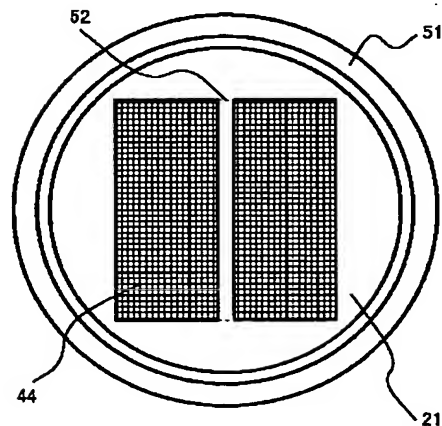
【図3】



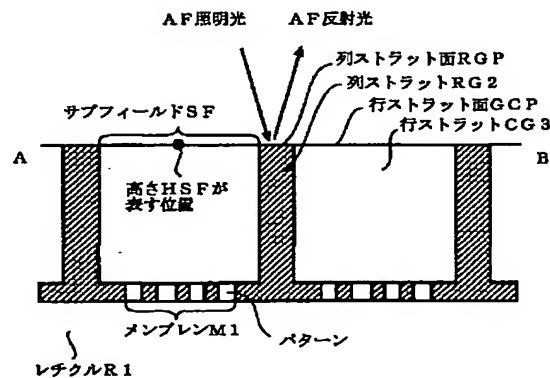
【図4】



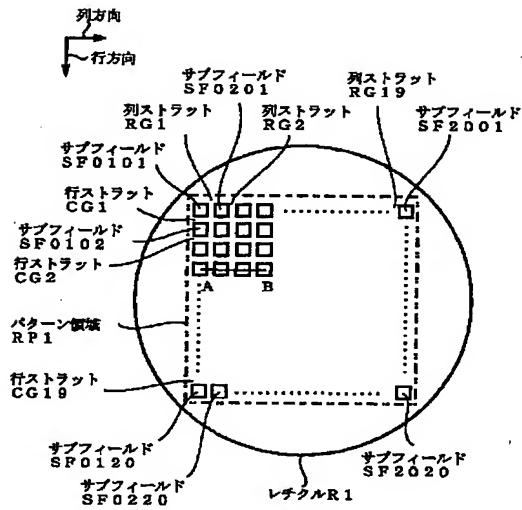
【図5】



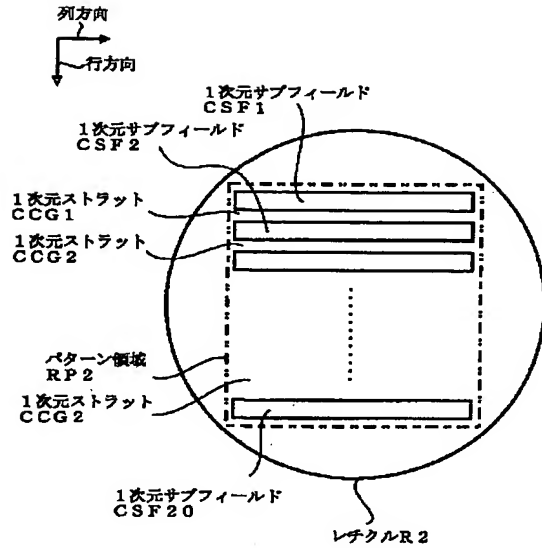
【図8】



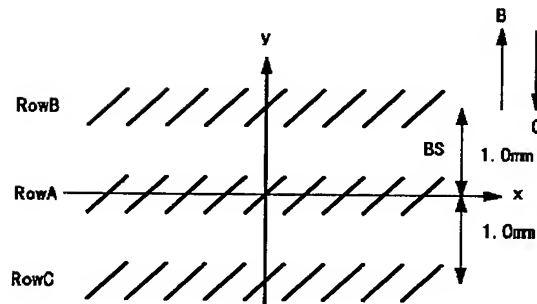
【図6】



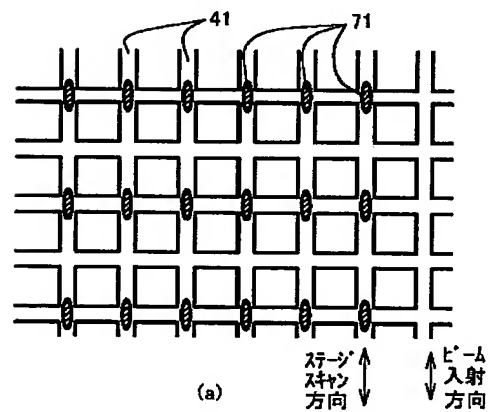
【図7】



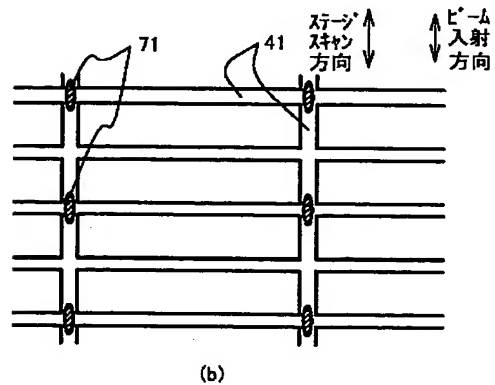
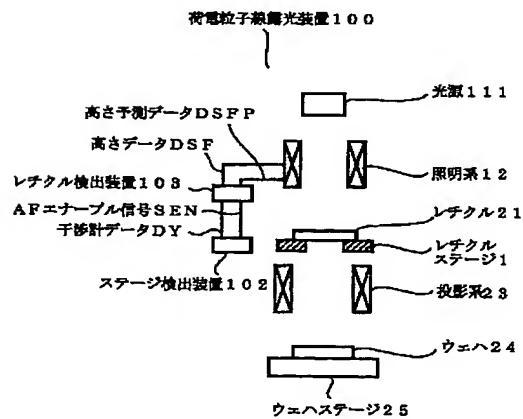
【図10】



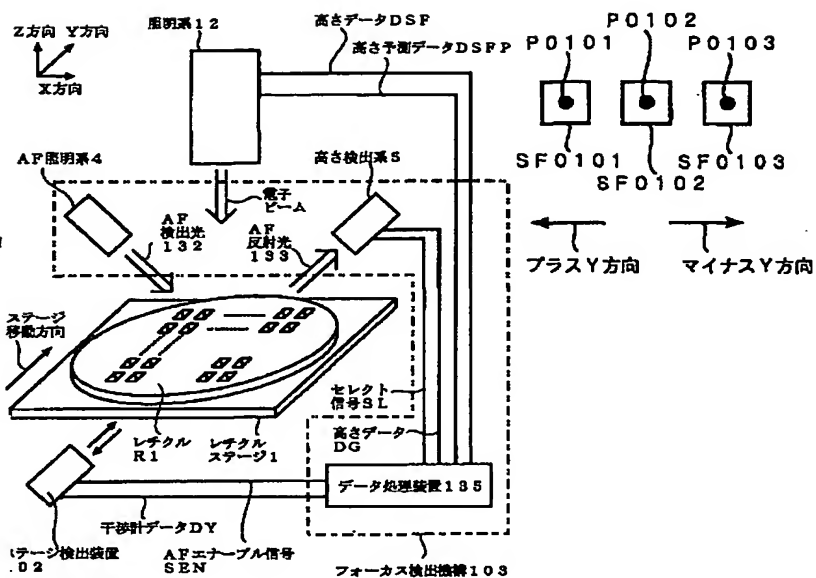
【図11】



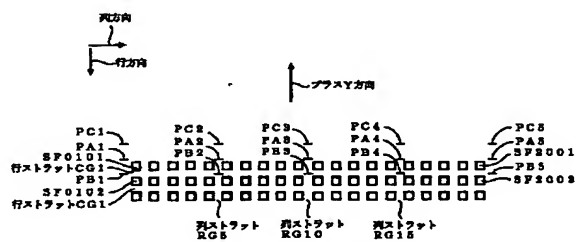
【図12】



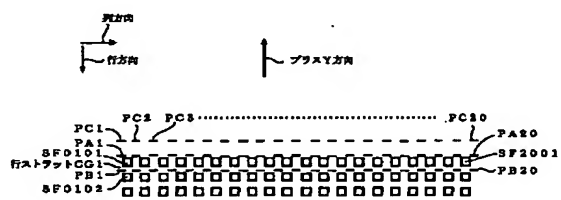
【図 28】



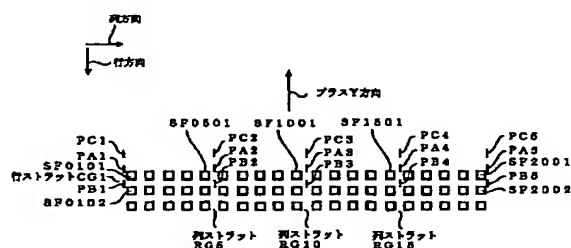
【图 16】



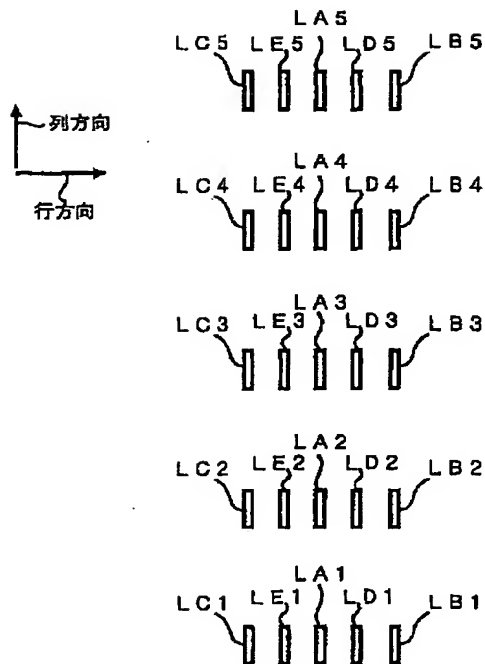
【図 19】



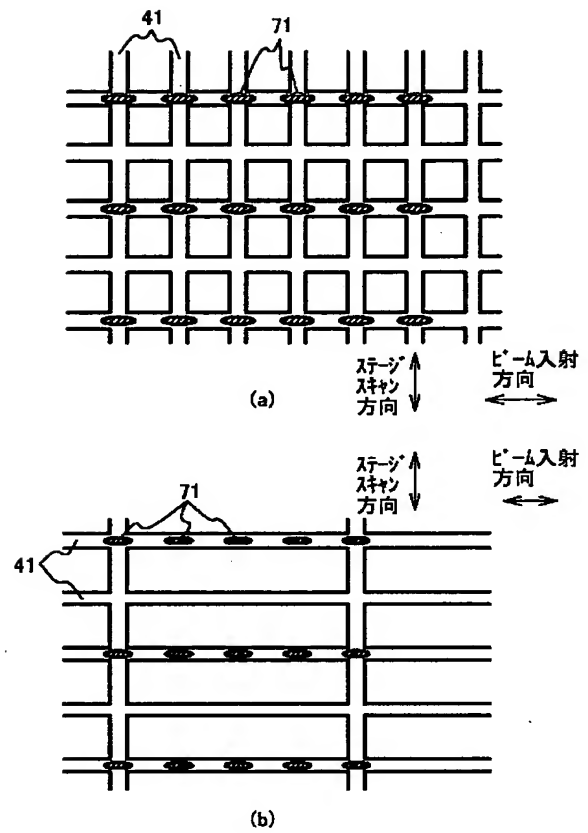
【図 20】



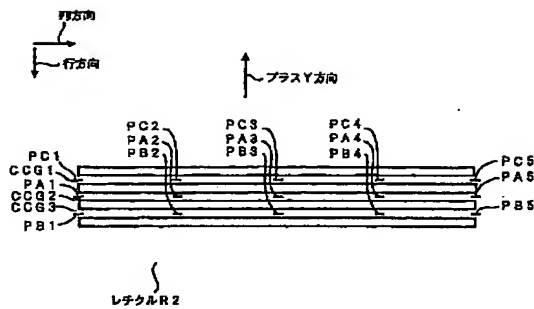
【図17】



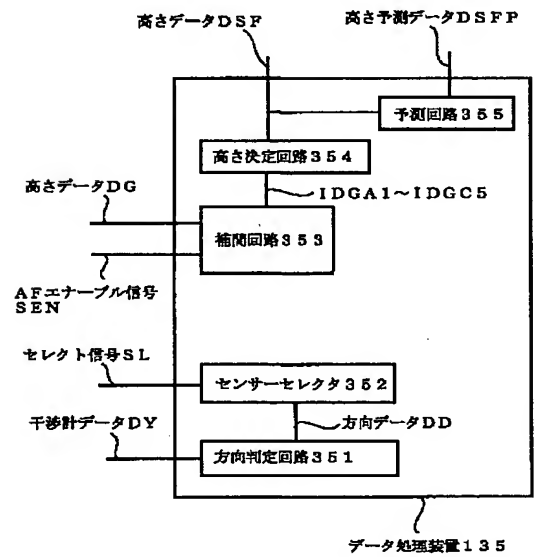
【図21】



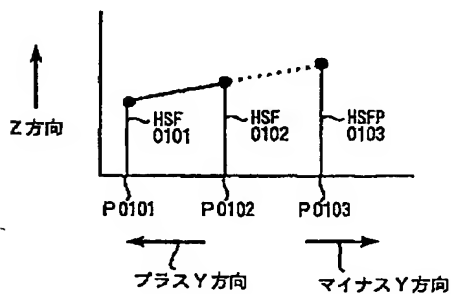
【図22】



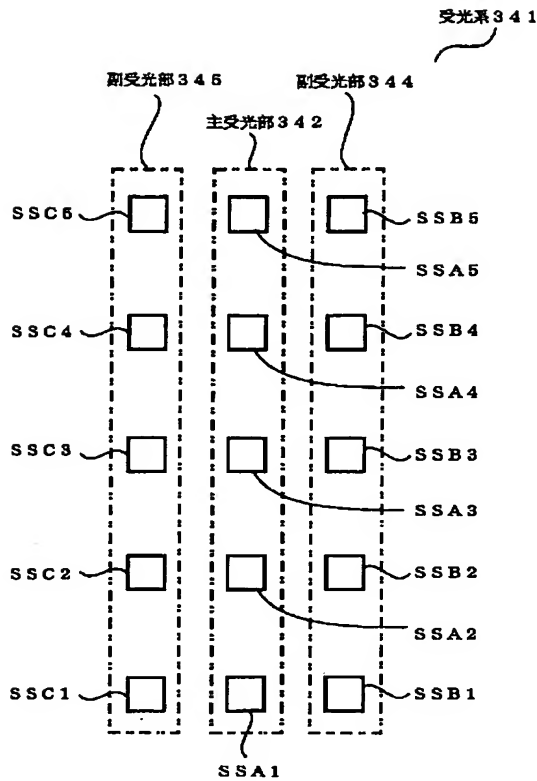
【図24】



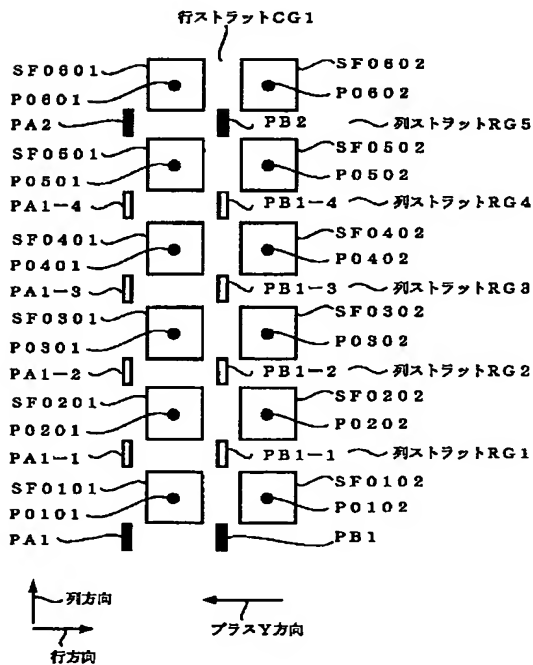
【図27】



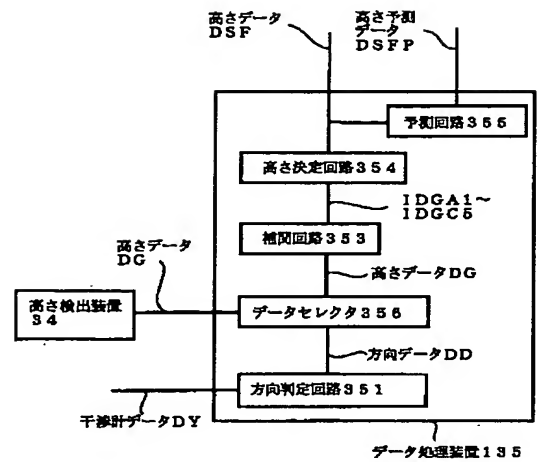
【図23】



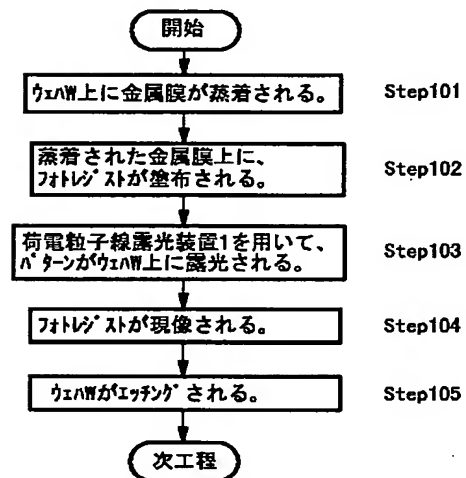
【図26】



【図25】



【図29】



THIS PAGE BLANK (USPTO